

## MODEL CONCEPTUAL D'UN SISTEMA D'INFORMACIÓ PER ESTUDIS DE SOSTENIBILITAT D'UN TERRITORI

**Jordi Bofill<sup>\*</sup>, José Juan de Felipe<sup>2</sup> i Cristina Barrado<sup>3</sup>**

<sup>\*,2</sup>Càtedra UNESCO de Sostenibilitat de Universitat Politècnica de Catalunya  
EUETIT, Colom, 1, 08222 - Terrassa, Espanya  
Email<sup>\*</sup>: jordi.bofill@upc.edu Email<sup>2</sup>: felipe@mmt.upc.edu  
Pàgina web: <http://www.catunesco.upc.edu>

<sup>3</sup>Arquitectura de Computadors - Universitat Politècnica de Catalunya  
Av. Canal Olímpic, 08600 Castelldefels, Espanya  
Email: cristina.barrado@upc.edu

**Paraules Clau:** Mesura de la sostenibilitat, Territori, Integració de dades, Models conceptuals, Software lliure

**Resum** *Els estudis de sostenibilitat es poden realitzar en àmbits concrets com poden ser el cicle de l'aigua, les migracions de població o la mobilitat territorial; o globalment d'un determinat territori. En aquest tipus d'estudis calen un nombre de dades considerables: dades econòmiques, socials, territorials, ambientals, etc. Les fonts d'informació per obtenir les dades són també nombroses i diverses. Aquest fet ha motivat la concepció de diferents indicadors i índex per facilitar aquestes visions més amplies. No obstant el nombre de dades necessàries continua creixent, més encara si tenim en compte que l'anàlisi evolutiva requereix de la repetició de mesures per obtenir sèries temporals.*

*Una part important de les dades provenen de fonts públiques (Idescat, Ine, Eurostat, Conselleries, Ministeris, etc.), que tenen temporalitats i cobertures diferents segons els organismes. D'altra banda, amb l'evolució de la web estan emergent noves fonts de dades, com la web semàntica o web de dades.*

*La proliferació d'indicadors i de formes d'entendre la sostenibilitat ha impulsat la necessitat d'incorporar models conceptuals als estudis, com poden ser els models de Gallopín, Bossel, etc.*

*Per realitzar els estudis de sostenibilitat és habitual recolzar-se en fulls de càlcul, per la seva agilitat i facilitat d'ús. Aquests fulls fan diverses funcions: eina matemàtica, eina de*

*presentació de resultats i base de dades. El “tot en un”, el “swiss army knife”, és una eina útil, però és necessari evolucionar i incorporar noves estratègies d'anàlisi que permetin compartir i reutilitzar el treball.*

*En aquest treball conceptualitzem un model d'informació per a estudis de sostenibilitat territorial. Aquest model incorpora visions territorials, conceptuais i temporals de les dades, i presentem el prototipus experimental desenvolupat per les comarques de Girona que integra, fins i tot, dades de la web semàntica. En el desenvolupament s'ha utilitzat únicament software lliure*

## 1 INTRODUCCIÓ

Els estudis de sostenibilitat són una necessitat molt recent. No existeix una forma estàndard per realitzar-los o presentar-los. Any rere any, el nombre d'indicadors i la seva agrupació conceptual han variat en la major part d'informes, adaptant-se al coneixement adquirit sobre el sentit de la sostenibilitat, i a la disponibilitat de dades i del seu càlcul. Per exemple, la Comissió Desenvolupament Sostenible de les Nacions Unides<sup>1</sup> ha publicat conjunts d'indicadors perquè servissin de referència als estats membres per implementar els seus propis sistemes d'indicadors; l'any 1996 el conjunt d'indicadors va ser de 134; l'any 2001 va baixar a 58 i l'any 2007 va passar a 96 indicadors. El mateix el Observatorio de la Sostenibilidad en España, ha variat els indicadors en cadascun dels informes anuals des de l'any 2005.

Es a dir, a cada estudi s'ha d'acordar el seu enfoc i s'ha de preveure cert grau d'improvisació al llarg de treball.

Les funcions actuals dels estudis són conscienciar d'una necessitat o assenyalar un problema concret, però la missió fonamental hauria d'anar més enllà i respondre *a on som, a on anem i com estem evolucionant* en el camí de la sostenibilitat. Això, com a mínim, té tres implicacions: els estudis s'han de realitzar periòdicament, s'han de poder re-utilitzar les dades i s'han de poder comparar els resultats.

Per iniciar un estudi o informe de sostenibilitat territorial cal definir o identificar :

- Persones i organitzacions implicades directament o indirectament (*Stakeholders*): clients, actors locals del territori, investigadors, etc. El grup d'investigadors que executarà l'estudi, probablement (i preferiblement) serà un grup transdisciplinars.
- L'objecte de l'estudi de sostenibilitat, que serà probablement un territori.
- Les característiques bàsiques i/o rellevants d'aquests sistemes (territori, grups socials, etc.) que són claus per l'estudi. Aquestes característiques hauran de ser mesurables, donant lloc a valors, indicadors i índex.
- Els mètodes existents que permeten obtenir els valors de les mesures. Els valors de les mesures es poden obtenir per diferents mitjans: fonts de dades públiques, fonts privades, enquestes, càlculs a partir d'altres dades, etc.

- El rang temporal (anual, trimestral, mensual,...) i les unitats de mesura a emprar.
- Un o més models conceptuals consensuats, a partir dels quals enfocar el treball. En l'article s'utilitza indistintament model o marc conceptual.

D'altra banda, s'han d'acordar les eines de treball:

- Sistema de comunicació i gestió (per exemple: correu electrònic, skype, gestor de projecte...)
- Sistema de documentació i informació. Es a dir, a on es guarda la documentació i les dades (p.e. en un servidor public accessible per tothom com pot ser google docs, base de dades, ...)
- Eines de software a utilitzar: full de càlcul, software estadístic, software gràfic de visualització o SIG.

En el present treball proposem definir un sistema d'informació orientat als investigadors per l'anàlisi, la mesura i/o la gestió de la sostenibilitat. En primer lloc, analitzem els elements característics dels estudis de sostenibilitat per un sistema d'informació: el territori objecte de l'estudi, les eines de mesures que s'utilitzen (indicadors, criteris de sostenibilitat, fonts de dades, series temporals, etc.) i els models conceptuals utilitzats. A continuació conceptualitzem el sistema d'informació, integrant els elements característics anteriors de forma que els investigadors puguin treballar segons els seus propis criteris. Finalment, presentem el prototipus experimental del sistema d'informació, desenvolupat utilitzant software lliure, i l'aplicació pràctica d'aquest prototipus a l'àmbit territorial de les Comarques de Girona.

## 2 ELEMENTS CARACTERÍSTICS

Hem vist a l'apartat anterior que per realitzar un estudi de sostenibilitat territorial intervien un seguit d'elements: el territori, que és l'objecte principal de l'estudi; les dades, mesures i observacions proveïdes des de fonts de dades diverses; els models conceptuals de sostenibilitat que donen una determinada visió de la sostenibilitat, i disposar de software de càlcul i modelització. També serà necessari identificar els *stakeholders* i proveir els sistemes de comunicació i de gestió adequats.

De tots aquests elements, els que habitualment s'integren en un sistema d'informació són el territori i les dades. Per integrar les dades, degut el seu nombre i varietat, s'aplica algun tipus de classificació o agrupació que les doni sentit. Aquesta classificació és, en realitat, el model conceptual. Es a dir, per què el sistema d'informació tinguin una base inicial sòlida cal integrar també un tercer element: els Models Conceptuals.

Finalment, per tenir un sistema totalment integrat s'haurien d'incorporar la resta d'elements: els usuaris, les eines de software emprades i els sistemes de comunicació i de treball (per exemple processos, flux de treball, etc.).

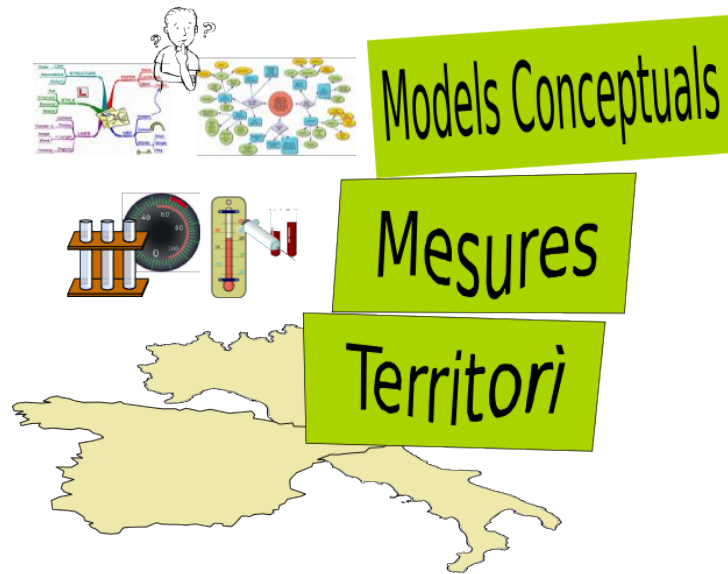


Figura 1: Sistema d'informació bàsic: territori, mesures i models conceptuals

En aquest sistema d'informació de base, conceptualment tenim tres capes d'informació sobreposades (figura 1). En la capa més baixa hi ha el sistema a estudiar, es a dir el país, regió, ciutat, etc. La següent capa, les mesures, són les dades que caracteritzen aquest sistema des del punt de vista de la sostenibilitat. Finalment, la tercera capa són els models conceptuals que apliquem a aquestes dades. Veiem, tot seguit, cadascuna d'aquestes capes.

## 2.1 Territori

Per definir el territori (o el sistema) cal delimitar les seves fronteres. El que queda a dins i el que hi ha a fora. Paradoxalment, des del punt de vista del sistema d'informació, aquest és potser el punt més senzill ja que és una dada de partida: un estudi de sostenibilitat, per què sigui factible, ha de tenir unes fronteres clarament delimitades i acordades *apriori* per tothom. Serà així si, per exemple, l'estudi es centre en un país, una ciutat, un barri, una província o un campus universitari. El territori estarà definit en el moment que siguem capaços d'identificar-lo semànticament amb un nom (Espanya, Terrassa, Barri de Gràcia, Barcelona, Universitat Politècnica). El sistema d'informació només necessita un nom per identificar el territori. Evidentment, decidir quin nom, o quines referències s'han d'utilitzar, pot no ser trivial, ja que existeixen múltiples sistemes d'identificació possibles i els investigadors hauran d'arribar a un acord en l'ús d'un comú.

És probable que l'equip de recerca necessiti subdividir el territori en parts més petites per estudiar-ne cadascuna. Caldrà llavors algun tipus d'organització territorial.

**Organització Territorial** Per definir l'organització territorial més convenient hem de tenir en compte tres coses:

1. En un mateix territori poden coexistir diferents subdivisions. Per exemple, els estats tenen subdivisions polítiques, administratives, militars, etc. (circumscripcions territorials). En el cas d'Espanya, hi ha una primera divisió per autonomies. La comunitat autònoma de Catalunya té com a divisions les províncies, les comarques i els municipis.
2. Les subdivisions, encara que molt estables, poden canviar amb el temps. Per exemple, hi ha sectors de la societat catalana que demanen la recuperació d'una antiga subdivisió territorial intermunicipal: la vegueria.
3. El territori objecte de l'estudi pot ser diferent al d'una subdivisió territorial política o administrativa.

## 2.2 Mesura de la sostenibilitat.

Per mesurar la sostenibilitat s'utilitzen variables, indicadors i índexs:

- Variable: element mesurable canviant en el temps i/o espai emprat per a descriure fenòmens o magnituds. Les variables de mesura de la sostenibilitat són totes les dades d'interès que es poden trobar i que són rellevants per la finalitat.
- Indicador: avalua l'estat d'un objecte o d'un fenomen en un moment determinat, i permet comparar-lo amb el seu estat passat, o comparar-lo amb objectes similars. Un indicador té les mateixes característiques que una variable.
- Índexs: s'obtenen mitjançant l'agregació i ponderació d'indicadors i/o de variables

El Desenvolupament Sostenible és una àrea d'estudi amb diversitat de principis, que ha generat molts sistemes d'indicadors. Per exemple, el Compendium of Sustainable Development Indicators recull 841 sistemes d'indicadors definits per tots tipus d'organitzacions, des d'institucions internacionals fins a comunitats locals.<sup>2</sup> Aquest nombre tan elevat de sistemes d'indicadors és lògic ja que, tal com diu H. Bossel,<sup>3</sup> la ciència no pot establir un mètode objectiu per trobar l'únic i verdader sistema d'indicadors d'un sistema complex. Les raons són simples: el nombre de candidats potencials d'un sistema complex és molt gran, mentre el conjunt d'indicadors ha de ser compacte si és que han de tenir alguna utilitat. Hi ha d'haver un procés de cerca, selecció i agregació. Però, com sempre, mai hi ha un coneixement total, no hi ha cap garantia que tots els indicadors vitals estiguin a la llista de candidats. Bossel proposa definir sistemes participatius (científics de diferents àrees de coneixement, àmbits socials, orientacions polítiques, etc.) i utilitzar esquemes recursius.

### 2.2.1 Criteris de sostenibilitat

Habitualment als indicadors se'ls assigna un valor de referència per informar, *indicar* o destacar alguna característica rellevant. A aquestes valors de referència els anomenem criteris de sostenibilitat, són per exemple:

- Valor llindar: valor màxim o mínim a partir del qual el sistema canvia.
- Valor de referència o norma: valor que serveix com a norma per comparar amb altres valors.
- Valor estàndard: valor establert com a òptim.
- Valor objectiu o interval: valor al qual es desitja arribar.
- Semàfors: associació de colors en funció d'algun criteri predeterminat. Per exemple, verd, groc o vermell.

### 2.2.2 Fonts de dades

Una característica intrínseca al fet de mesurar és que el valor de la mesura pot variar entre fonts de dades diferents, bé sigui per què els aparells usats estiguin calibrats de forma diferent, per què les regles o metodologies de càlcul aplicats siguin diferents o per que són estimacions. L'investigador haurà de saber identificar aquina font correspon cada valor mesurat i, si pot ser, poder utilitzar indistintament qualsevol de les fonts.

Les dades que poden necessitar els investigadors per un estudi de sostenibilitat estan condicionades per l'àmbit territorial; per l'amplitud de l'estudi en els aspectes socials, ambientals i econòmics; i per les variables, indicadors i índexs escollits. Potencialment poden pertànyer a qualsevol camp del saber.

Encara que es poden obtenir les dades directament, per exemple, mitjançant enquestes, habitualment les dades s'hauran d'obtenir o calcular a partir de:

**Fonts de dades privades.** Una part important de la informació d'interès per a la mesura i avaluació de la sostenibilitat està en mans privades i és desconeguda pels ens públics de gestió de la major part de països del nostre entorn. Això es degut a que la gestió dels serveis o productes de sectors econòmics estratègics estan en mans de grans empreses nacionals o transnacionals. Aquestes empreses disposen de volums d'informació i dades que potencialment són d'interès per estudis de sostenibilitat. Aquestes dades no són proporcionades fàcilment, ni molt menys accessibles directament per internet.

**Fonts de dades públiques.** Les dades publicades per organismes públics són generades, capturades i mantingudes per cada organització, amb l'objectiu específic de donar resposta a les necessitats de la pròpia organització. Hi ha institucions o entitats que tenen la missió de proporcionar visions conjuntes, per exemple, Eurostat a nivell europeu o instituts

d'estadística nacionals (INE a nivell espanyol o IDESCAT a Catalunya). La informació més fiable i actualitzada s'obté de les fonts de dades més locals, tal com recomana la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) en les respostes a les preguntes freqüents (FAQ): per estudis nacionals utilitzar estadístiques nacionals sempre que sigui possible, on la informació normalment és més detallada i recent. Encara que no pensat concretament per les dades, és d'aplicació el que diu J. Cendra i A. Stahel:<sup>4</sup> “[...] tot el que pugui resoldre's a nivell local deu prevaler enfront de qualsevol solució plantejada a nivells superiors. Aquest seria el principi bàsic subjacent a la lògica de la denominada localització que aposta per afavorir la descentralització [...]”.

**Accés a les dades en l'origen.** S'ha de prioritzar l'ús de dades directament en l'origen. Un sistema d'informació no ha de necessàriament guardar localment les dades, sinó que ha de guardar únicament les que no es poden usar directament de l'origen. Per exemple, la web semàntica (veure 3.2.1) permet usar directament la dada original. Usar la dada en l'origen de la font redueix les tasques de gestió associades (còpies de seguretat, duplicats, ...) i augmenta la fiabilitat i l'exactitud de la dada, que seran les de l'original. L'ús de dades directament en l'origen pot implicar habilitar 'proxys' o 'caches' per millorar els rendiments o la falta de disponibilitat puntual a l'hora d'usar una dada determinada.

### 2.2.3 Sèries temporals.

Per l'anàlisi de la sostenibilitat i la seva evolució és necessari disposar de sèries temporals. Les dades d'una sèrie temporal es caracteritzen per tres mesures (figura 2):<sup>5</sup>

1. Extensió de la sèrie, es a dir, la cobertura en el temps.
2. Espaiat, es a dir, la distància (temps) entre mesures.
3. Suport (període), que representa el temps que cobreix de mitjana les mesures o petjada implícita.

Quines són l'extensió, l'espaiat i el suport més adients o habituals en les sèries temporals en els estudis de sostenibilitat?

Segons l'estudi de P. Caratti i L. Ferraguto<sup>6</sup>, que analitza la disponibilitat de dades de desenvolupament sostenible a internet, aquestes es comencen a recollir fa pocs anys. Les més antigues, a partir de 1929, són les de l'àmbit econòmic. Les dades ambientals en general són més recents, a partir de l'any 1970. Sembla doncs que l'extensió de mesures té un rang total menor de 100 anys. Pel que fa a les projeccions o escenaris de futur, aquests quasi mai van més enllà de l'any 2050.

En quan l'espaiat temporal més adient dependrà del tipus de mesura, la disponibilitat de dades i l'objectiu de l'anàlisi. En general, per estudis de sostenibilitat l'espaiat mínim hauria de ser l'anyal. Aquest és el període de les dades facilitades per la majoria de fonts de dades públiques, encara que per alguns indicadors l'espaiat adient pot ser menor (trimestral, mensual,

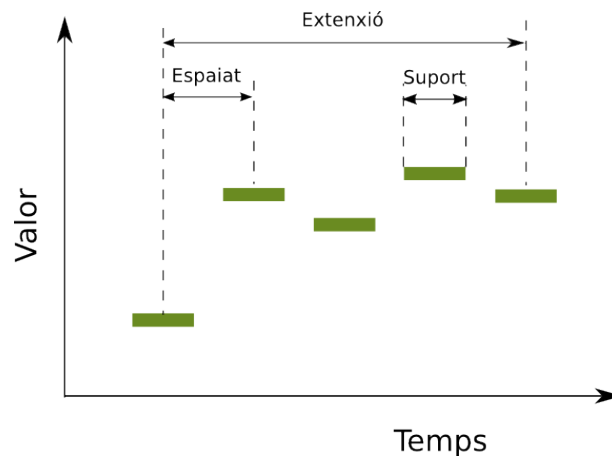


Figura 2: Mesures característiques dels valors d'una sèrie temporal.

etc.), per exemple, en els àmbits del turisme, de la meteorologia o de d'immigració, a on hi ha un efecte estacional.

En l'estudi de P. Caratti i L. Ferraguto<sup>6</sup> no es menciona explícitament quin és el període de les dades, però del context es dedueix que és anual.

En resum, les sèries temporals de sostenibilitat es poden caracteritzar per tenir una extensió total màxima de 100 anys; un espaiat anual i un suport anual.

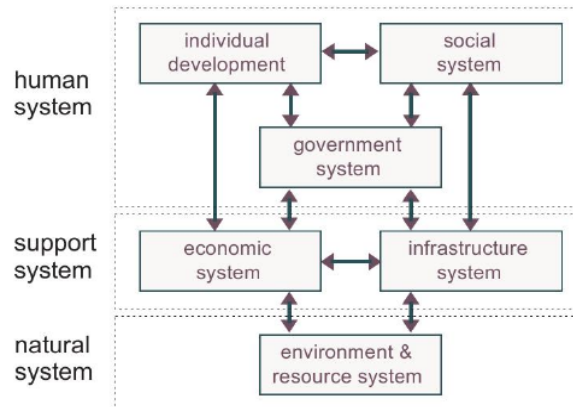
## 2.3 Models Conceptuals

Els models conceptuals de sostenibilitat apareixen com a resposta a la proliferació d'indicadors, de teories sobre la sostenibilitat i els processos que intervenen. Un model conceptual és una estructura lògica que permet identificar i organitzar els indicadors per fer-los més comprensibles. Les diferències principals entre els models són la manera en què conceptualitzen les dimensions principals del desenvolupament sostenible, les interconnexions entre aquestes dimensions, la manera com s'agrupen, i els conceptes que justifiquen la selecció i agregació d'indicadors.<sup>7</sup>

Un sistema complex, com pot ser la sostenibilitat d'un territori, es caracteritza per ser un sistema obert. Es a dir, no està aïllat: té fluxos d'entrada i de sortida amb l'exterior: matèria, energia, informació, polítiques, etc.. Quan es realitza l'estudi d'un sistema complex serà necessari definir un o més d'un model conceptual, ja que com diu R. García,<sup>8</sup> "Un sistema complex ha de ser representatiu del complex empíric que constitueix l'objecte d'estudi. Les abstraccions i interpretacions de les dades empíriques poden conduir a seleccions diferents dels elements amb els quals es construeix el sistema. Anàlogament, amb els mateixos elements poden definir-se sistemes les estructures dels quals difereixin, en tant es prenguin en compte distints conjunts de relacions entre els elements, provinents de diferents tipus d'inferències."

La varietat de models conceptuals diferents s'entén per l'existència de diferents regions,



Figura 3: model conceptual de Balaton Group.<sup>3</sup>

organitzacions, cultures i propòsits polítics. Aconseguir un model conceptual comú, amb les avantatges potencials que això tindria, no ha estat possible ni amb polítiques top-down amb processos consultius, ni amb polítiques down-top, a on abans d'adoptar un model conceptual definit per experts, es prefereix definir un de propi.<sup>7</sup>

Llavors, un estudi de sostenibilitat pot usar més d'un model conceptual? Encara que no és habitual, ja que és important que els investigadors acordin usar un mateix model, en ocasions pot ser convenient o, fins i tot aconsellable, iniciar l'estudi amb més d'un model. Sobretot quan es la primera vegada que es realitza l'estudi, el fet de poder disposar de més d'un model i incorporar visions diferents, facilitarà trobar el més convenient. Si l'estudi ja s'ha realitzat anteriorment, també serà útil ja que permet iniciar l'estudi amb el model original i, en paral·lel, introduir-ne de nous per analitzar diferències.

Tot seguit veiem els models conceptuais de Bossel i Gallopín, com a mostres per analitzar les relacions existents entre un model conceptual i els indicadors de sostenibilitat. Seguint el mateix esquema també es podrien analitzar altres models conceptuais usats habitualment com el de Pressió-Estat-Resposta <http://www.virtualcentre.org/en/dec/toolbox/Refer/EnvIndi.htm> o el triangle de Daly <http://www.nssd.net/references/SDInd/Donella.html>.

**Bossel (Balaton Group)** El Balaton Group identifica des d'un punt de vista sistèmic sis subsistemes essencials: Desenvolupament individual, Sistema social, Govern, Infraestructures, Sistema econòmic, i Recursos i mediambient. Aquests subsistemes que s'agrupen en tres subsistemes: el sistema humà, el sistema de suport i el sistema natural, que corresponen a les tres categories de capital: capital humà, capital estructural i capital natural. Per que el sistema modelat sigui viable, cal que cada un dels tres subsistemes funcioni correctament (figura 3).

El model proposa un mètode per trobar els possibles indicadors representatius d'un subsistema. Aquest mètode avalua l'encaix dels indicadors en cada subsistema usant orientadors. Aquest són existència, efectivitat, llibertat d'acció, seguretat, coexistència i necessitats psico-

Subsistemes	Tipus d'indicadors
Desenvolupament individual	llibertats cíviques, drets humans, salut, treball, etc..
Sistema social	població, ètnies, grups socials, seguretat social, etc.
Govern	govern, administració, participació, democràcia, dret, etc.
Infraestructures	ciutats, transport, sistemes energètics, etc.
Sistema econòmic	producció i consum, comerç, treball, atur, etc.
Recursos i medi ambient	entorn natural, atmosfera, recursos naturals, ecosistemes, ...

Taula 1: Subsistemes i tipus d'indicadors del model conceptual de Bossel

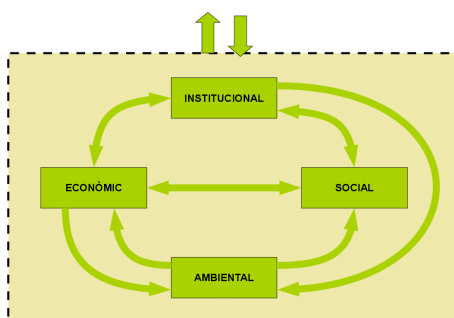


Figura 4: Model conceptual de Gallopín (ESALC).

lògiques. L'objectiu és trobar el menor nombre possible d'indicadors, però tants com siguin necessaris. A la taula 1 es relacionen el tipus d'indicadors que es poden associar a cada un dels subsistemes del model.

**Sistema socioecològic de Gallopín (projecte ESALC)** El model conceptual utilitzat pel projecte ESALC (Evolución de la Sostenibilidad en America Latina y el Caribe) es basa en un sistema socio-ecològic amb quatre subsistemes coincidents amb les dimensions del Desenvolupament Sostenible: el social, l'econòmic, l'institucional i l'ambiental (figura 4). El criteri subjacent al model és la millora sostenible de la qualitat de vida de la població. Les fletxes entre els subsistemes representen els principals fluxos, interrelacions o acoblaments funcionals. Les fletxes que surten i entren al sistema representen la interactuació amb el món extern (per exemple, comerç internacional, entrades i sortides d'energia, etc.).

Les interrelacions són de dos tipus, per una banda, fluxos de matèria i/o energia (per exemple, residus, recursos naturals) i, per altra banda, fluxos de control i/o accions que generen canvis en els subsistemes receptors (per exemple, fluxos financers, establiment d'àrees naturals protegides).<sup>9</sup>

Entre els quatre subsistemes es poden distingir set àrees de flux més una àrea de flux entre el model i l'exterior del sistema. Les àrees de flux es poden subdividir tenint en compte el sentit del flux, per exemple entre el sistema econòmic i el sistema ambiental hi ha un flux

Àrea o flux entre àrees	Indicadors
Institucional	TIC, despesa R+D, bon govern, ...
Econòmic	PIB, productivitat, valor afegit, ...
Social	Demografia, seguretat, habitatge, ...
Ambiental	Biodiversitat, aigua, territori, ...
Institucional → Medi Ambient	Despesa medi ambient. Àrees protegides
Institucional → Social	Despesa pública: sanitat, educació, ...
Institucional ↔ Econòmic	Patents, certificats EMAS, ...
Econòmic → Ambiental	Residus, petjada, fertilitzants
Ambiental → Econòmic	Energia, Aigua, Pesca, ...
Ambiental → Social	estat aigua, emissions gasos, contaminació
Econòmic → Social	Renda disponible familiar
Social → Econòmic	Atur
Social → Institucional	Participació, abstenció eleccions,

Taula 2: Model conceptual de Gallopín. Indicadors de l'informe de sostenibilitat de Catalunya 2006.

amb dos sentits diferenciats. En quan els indicadors, Gallopín els classifica dues categories de 'desenvolupament' o de 'sostenibilitat'.

Com exemple d'aplicació del model conceptual de Gallopín, tenim l'Informe de Sostenibilitat a Catalunya,<sup>10</sup> en que es van triar els indicadors de la taula 2.

### 3 SISTEMA D'INFORMACIÓ INTEGRAT

Tota eina aporta unes funcionalitats que la fan útil per la tasca que ha de realitzar, però habitualment també introdueix condicionants a la forma de treballar. Si aquesta eina ha de facilitar l'anàlisi d'un sistema complex com és la sostenibilitat, és important que la concepció d'aquesta eina introdueixi el menor nombre possible de condicionants al sistema. A aquest Sistema d'Informació (SI) li demanem:

- Que els límits del sistema els introdueix l'investigador. Deixar en mans de l'investigador el major nombre de decisions possible.
- Que el SI sigui compartit i es pugui treballar col·laborativament.
- Que el SI que permeti visions diferents del que és desenvolupament sostenible. Que permeti treballar amb més d'un model conceptual i es puguin definir de nous.
- Que el SI faciliti introduir els conceptes clau de la mesura de la sostenibilitat.

La contribució més important d'aquest treball, és facilitar una eina per les tasques dels investigadors, de forma que els ajudi a treballar segons els seus propis criteris. Es tracte, per tant,

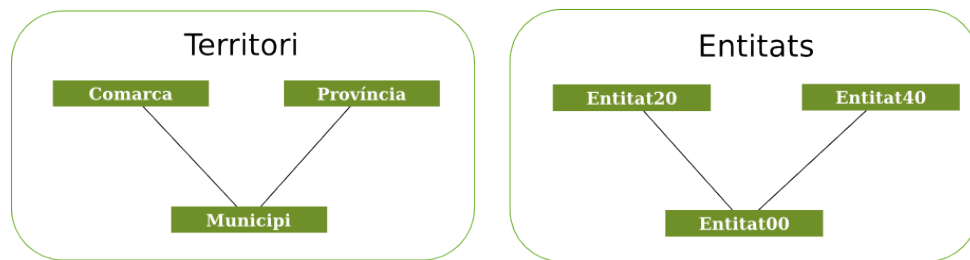


Figura 5: Organització del territori en el sistema d'informació.

d'un sistema d'informació que no guia a l'investigador en la seva recerca, sinó que és el propi investigador que incorpora els seus referents en matèria de sostenibilitat.

L'objectiu és disposar d'un sistema flexible que permeti incorporar les dades de treball i les posi a disposició dels investigadors. No es tracte d'integrar diverses fonts de dades en una única base de dades sino de compartir-les. Posar una única base de dades a disposició del públic és una tasca que consumeix molt de temps i que, només per l'àmbit de l'agricultura, requeriria la col·laboració de científics d'economia agrícola, ciència mediambiental, agronomia i informàtica, amb dissimular educació i experiència de recerca.<sup>11</sup>

En resum, el que s'ha de fer és facilitar un espai de col·laboració per persones amb un objectiu comú, amb coneixement del seu àmbit tecnològic o científic, i que puguin compartir dades i visions conceptuals dels seus àmbits.

### 3.1 Territori

El sistema d'informació no ha d'imposar un àmbit territorial específic, prèviament definit, sinó que ha de facilitar la definició d'unes agrupacions territorials genèriques, que es puguin configurar cada territori concret de l'estudi.

Per això, el sistema parteix de la base que existeix una entitat territorial bàsica: són les entitats més petites (o atòmiques) que, agregades, configuren la totalitat del territori objecte d'estudi. Per exemple, en el cas de Catalunya, es podria escollir com entitat territorial bàsica el municipi, la comarca o la província, doncs qualsevol de les tres subdivisions territorials configuren la totalitat del territori de la comunitat autònoma. Les organitzacions territorials que defineixen un territori més gran que l'entitat territorial bàsica, s'han de poder 'construir' mitjançant agregacions d'aquestes. Seria el cas, per exemple, de les comarques ja que són una agregació de municipis.

A la figura 5 es presenta l'esquema de l'organització territorial específica del prototipus experimental de Girona, a on el municipi és l'entitat territorial més petita, amb dues estructures territorials, les comarques i les províncies, que agrupen els municipis de formes diferents. A la mateixa figura 5 es representa d'una forma genèrica aquesta organització territorial, a on el municipi es l'entitat00, la comarca l'entitat20 i la província passa a ser l'entitat40.

A la taula 3 es presenten altres possibles organitzacions territorials amb aquesta mateixa

estructura territorial. Per exemple, l'Estat Espanyol està organitzat en Autonomies que serien les entitats territorials més grans, a continuació en províncies. En el cas d'una universitat, aquesta organització podria ser el campus i, com a entitat territorial més petita tindríem els edificis.

Sistema d'informació	Organitzacions territorials			
Entitat00	Municipi	Comarca	Província	Edifici
Entitat20	Comarca	Província	Autonomia	Campus
Entitat40	Província	Autonomia	Estat	Universitat
Entitat60	Catalunya	Estat	-	-

Taula 3: Exemples d'organitzacions territorials al sistema d'informació.

L'organització territorial bàsica l'anomenem Entitat00, les altres organitzacions segueixen la nomenclatura EntitatXX, a on XX és un número que indica, per exemple, si l'entitat cobreix una superfície del territori superior a les altres, encara que això no és un requisit.

### 3.2 Mesures

Tal com s'ha explicat, l'investigador ha de poder definir les mesures que necessiti per la seva recerca. Internament el SI anomena dades a les mesures. Les dades estan composades, per Camps, que són la definició de les propietats de la dada i per Valors, que contenen els resultats reals de les medicions.

Les propietats bàsiques dels Camps són el seu nom i el tipus de valors admesos. El nom ha d'identificar d'una forma clara la mesura. A la taula 4 es recullen el tipus de valors, aquests poden ser numèrics, cadenes de text, lògics (veritat/fals), enllaç d'internet i imatge (enllaç a un arxiu gràfic). Altres propietats són la descripció, les unitats emprades i les observacions.

En el cas de camps numèrics, s'introdueix una nova propietat 'càlcul', que defineix que els valors del camp s'obtenen a partir d'altres camps aplicant una fórmula matemàtica. Amb aquesta funcionalitat es poden obtenir automàticament índex o indicadors que siguin el resultat d'aplicar un càlcul matemàtic senzill utilitzant altres camps. Per exemple, si disposem de camps que siguin el nombre de dones i de homes en atur, *DonesAturades* i *HomesAturats*, es pot definir un índex 'Atur de genere' que fos resultat del càlcul,

$$AturGenere = \frac{DonesAturades + 1}{HomesAturats + 1} \quad (1)$$

El requeriment bàsic pel càlcul és que aquest es pugui expressar en una fórmula matemàtica d'una línia. Un cop definit un camp de càlcul, aquest es podrà usar com qualsevol altre camp, i ser inclòs en càlculs, estadístiques, gràfics, etc.

Tipus	Valors
Numèric	Qualsevol valor numèric
Text	Text lliure fins a 125 caràcters
Lògic	Veritat/Fals
Enllaç	Enllaç d'internet (http, ftp, ...)
Imatge	Enllaç a un arxiu gràfic local

Taula 4: tipus de valors del camps

### 3.2.1 Fonts de dades

Una font de dades s'identifica mitjançant el nom de la font. Té com a propietats l'enllaç d'internet (URL) i la prioritat o importància de la font respecte les altres. En l'apartat 3.2.2 s'explica la utilitat d'establir un prioritat a les fonts de dades. Un darrera propietat de la font de dades és si disposa d'URL d'accés mitjançant la web semàntica.

**Web de dades o web semàntica.** La World Wide Web Consortium (W3C) té en marxa un projecte per enllaçar bases de dades i fer-les accessibles per a tothom. La idea subjacent és que la utilitat i el valor d'una dada augmenta amb el nombre d'enllaços que la connecten amb altres dades, i que es pot utilitzar la web per crear aquests tipus d'enllaços entre dades de diferents fonts. Llavors, de la mateixa manera que els navegadors són capaços de seguir els enllaços de documents publicats, els navegadors de dades serien capaços de seguir els enllaços de les fonts de dades.

La web semàntica bàsicament permet dues coses, en primer lloc, els programes poden navegar a través de dades reals, sense necessitat de separar quina part de la informació són dades i quines no (per exemple, el format d'una pàgina o el tipus de lletra) i, en segon lloc, les persones poden descriure les relacions entre diferents estructures de dades de forma intel·ligible per una màquina.

Les especificacions dels enllaços entre les dades de la web semàntica es realitzen mitjançant Resource Description Framework (RDF). Aquest model de metadades es basa en transformar les descripcions de dades a un format 'subjecte-predicat-objecte'. El subjecte seria el recurs i el predicat (o propietat) especificaria la relació entre el recurs i l'objecte. Per exemple, la frase "El municipi de Terrassa té una superfície de 70,2 km<sup>2</sup>", en RDF seria un triplet de text estructurat a on el subjecte seria "El municipi de Terrassa", que té una propietat "superfície" i l'objecte seria el valor de la superfície "70,2 km<sup>2</sup>".

Actualment, la major part d'informació disponible actualment en format digital esta continguda en bases de dades SQL, per estudiar les possibilitats de passar aquesta informació a un format RDF, la W3C ha creat un grup de treball específic <http://www.w3.org/2005/Incubator/rdb2rdf/>.

En el prototipus experimental, s'ha incorporat de forma pilot l'ús de fonts provinents de la web de dades.

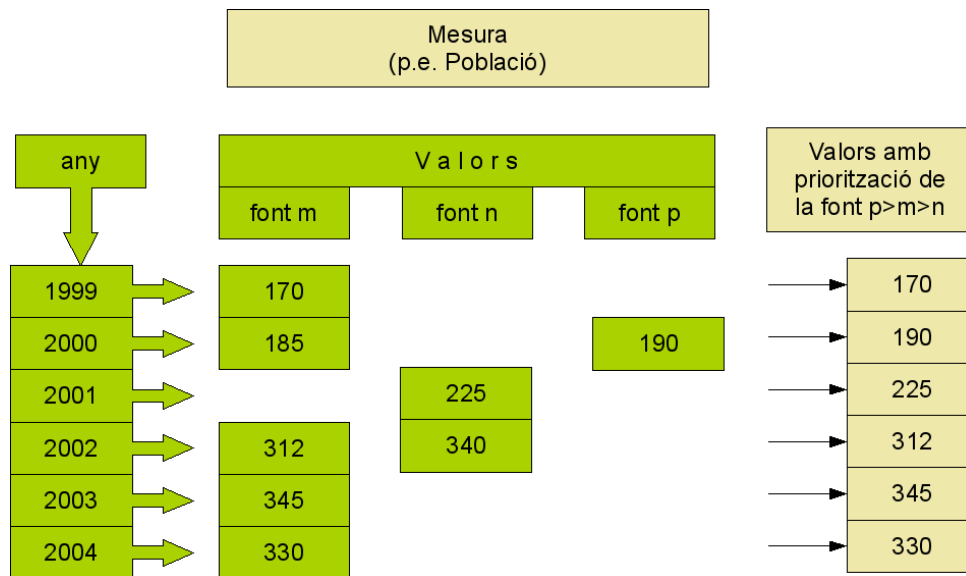


Figura 6: Exemple selecció de dades en el cas de valors repetits en una mateixa data, amb prioritació de les fonts de dades.

### 3.2.2 Valors

Els valors de les mesures són els resultats de la mesura en un moment i en un lloc determinat. Per cada mesura s'ha de saber el valor, data i lloc de la mesura. Cada valor pertany a una definició de Camp i està referenciada a una Entitat. Per altre banda, recordem que, l'espaiat temporal de les sèries temporals de sostenibilitat és l'anyal, per tant, la data serà l'any de la mesura.

El SI permet guardar més d'un valor d'una mesura en una mateixa data i per un mateix lloc, es a dir, valors repetits. Aquesta facilitat permet, per exemple, realitzar simulacions o proves del tipus 'que passaria' si el valor d'unes dades fos diferent, sense necessitat de variar el valor de la dada original. L'únic requeriment és que els valors repetits vinguin de fonts de dades diferents. Per poder gestionar quin dels valors dels repetits s'ha d'usar s'assignen prioritats diferents a les fonts de dades, de forma que si es demana el valor d'un camp, en una data i lloc determinats, i existeix més d'una resposta, el sistema retorna el valor amb més prioritat. D'aquesta forma, l'investigador pot crear una font de dades pròpia amb una prioritat diferent a les altres i realitza simulacions o proves. Si les dades provenen de més d'una font, es pot prioritzar de forma general les de més confiança, per exemple donant prioritat a les dades més locals.

A la figura 6 es presenta un exemple de com seria una selecció de valors dels anys 1999-2004, d'una mesura que tingues valors repetits de tres fonts de dades (m, n i p) amb una prioritat relativa de  $p > m > n$ .

### 3.3 Models Conceptuals

Un cop definits el Territori i les Mesures, hem d'estudiar la forma d'integrar els models conceptuals amb els mesures i els criteris de sostenibilitat. Recalcem el plural de la frase anterior: tal com s'ha explicat, és important poder disposar de més d'un model conceptual en un mateix estudi. És a dir, les mesures s'han de poder usar per treballar simultàniament en models conceptuals diferents.

Per explicar els models conceptuals de Bossel i de Gallopín, a l'apartat 2.3 hem utilitzat les taules 1 i 2, a on es mostren les àrees o subsistemes que formen cadascun dels models, juntament amb uns possibles indicadors. El que s'ha fet per construir aquestes taules és descomposar els models conceptuals en un conjunt d'àrees o subsistemes, i a cada àrea o subsistema se li ha assignat els grups d'indicadors.

Si anomenem Àrea Conceptual a aquestes àrees o subsistemes, podem afirmar que un model conceptual de sostenibilitat està compost per una o més Àrees Conceptuals. Això és cert, si més no, pels models de Bossel i Gallopín. En aquests models els indicadors es poden classificar en un primer nivell i, per tant, cada Àrea Conceptual estarà composta per una agrupació d'indicadors, índexs i variables, que caracteritzarà el tipus d'àrea. No obstant un model conceptual pot tenir un nivell, l'Àrea Conceptual, per tant el sistema d'informació hauria de permetre establir subclassificacions dins de les Àrees Conceptuals.

Un mateix indicador pot estar en dues Àrees Conceptuals alhora? És possible. Per exemple, la quantitat d'un aliment consumit pot ser un indicador de fam, de bon gust, de salut o de coneixement nutricional; en funció del model, l'indicador podria estar situat al mateix temps en àrees diferents. En aquest cas, el que possiblement seran diferents són els criteris de sostenibilitat de l'indicador (valors llinar, objectiu, etc.), que variaran en funció de l'Àrea conceptual a on s'ubiqui. És a dir, un mateix indicador pot estar en àrees conceptuals diferents i els valors dels criteris de sostenibilitat seran diferents.

A figura 7 es presenta esquemàticament un SI amb dos models conceptuals, A i B, per exemple el de Bossel i el de Gallopín. Cada model conceptual té definits una conjunt d'àrees conceptuals. En particular, el model conceptual A ha definit una àrea Societat o Sistema Social, i el model B ha definit una àrea Petjada, corresponent al flux econòmic→ambiental. Els dos models utilitzen com a indicador la mesura de Població; el model A assigna aquest indicador a l'àrea Societat i el model B l'assigna a Petjada. No obstant els valors reals de l'indicador de Població per el territori en qüestió seran els mateixos, els valors dels criteris de sostenibilitat probablement seran diferents. En l'exemple, el valor llinar i els valors intervals de Població de l'àrea Societat del model A, poden ser diferents de l'àrea Petjada del model B.

El cas de la figura també seria vàlid si en lloc de dos models conceptuals hi hagués un sol model amb dos àrees conceptuals, de forma que compartissin una mateixa mesura. És a dir, un model amb les àrees Societat i Petjada, associats a la mesura Població amb valors dels criteris de sostenibilitat diferents.

En resum, l'investigador és qui ha de definir els seus models o utilitzar altres definits prèviament. El SI ha de permetre definir més d'un model conceptual, amb diverses Àrees Conceptuals



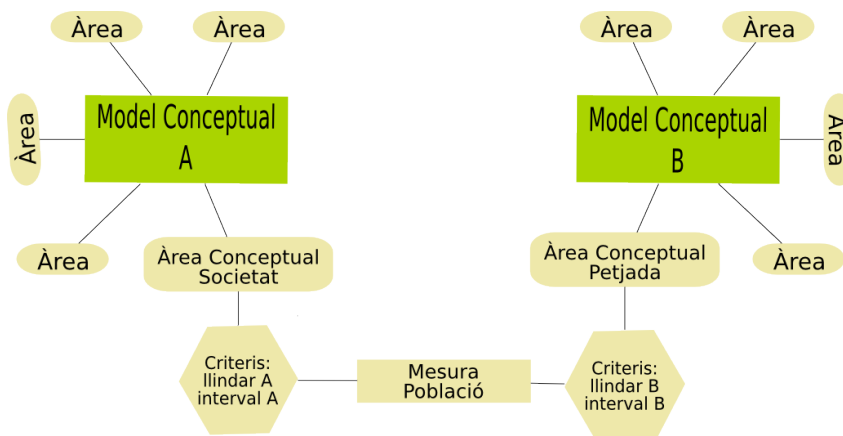


Figura 7: Exemple d'un SI amb dos models conceptuals.

i associar diverses mesures a cada Àrea. Aquesta associació ha de permetre concretar els valors dels criteris de sostenibilitat definits: valors líndars, rang semàfors, etc..

## 4 PROTOTIPUS EXPERIMENTAL

Amb el suport de l'Observatori de Sostenibilitat de les Comarques Gironines, que ha facilitat les dades, s'ha realitzat una versió de l'eina per l'àmbit territorial de Girona. El model de dades té les següents magnituds: el territori està constituït per 9 comarques i 221 municipis; s'han definit 216 mesures, que han donat lloc a 142.628 corresponents als anys 1980-2008. S'ha utilitzat un model conceptual propi del Observatori, amb sis àrees conceptuals: Matriu territorial i ecològica, Infraestructura i mobilitat, Societat, Economia, Petjada ecològica i Governança.

### 4.1 Característiques

El prototipus s'instal·la en un servidor a internet, de forma que l'accés es fa mitjançant un navegador web, sense necessitar l'investigador realitzar instal·lació local en el seu equip.

Es defineix la traducció dels noms genèrics del territori als noms reals (figura 5). En el prototipus s'ha definit l'organització territorial, els camps i el model conceptual.

El prototipus permet definir camps de càlcul a partir de fórmules introduïdes per l'usuari. Els valors s'obtenen automàticament.

Es permet definir valors repetits d'una mesura, sempre que les fonts de dades siguin diferents.

La gestió dels valors dels camps es fa principalment fer mitjançant full de càlcul. El procediment bàsic és el següent: l'investigador realitza una selecció de les dades d'interès, per això ha de seleccionar el territori, les camps i les fonts. El sistema li permet descarregar un full de càlcul amb els valors de tots els anys de les dades seleccionades. L'investigador modifica en el

Propietat	Descripció
<a href="http://dbpedia.org/property/population">http://dbpedia.org/property/population</a>	Habitants
<a href="http://dbpedia.org/property/datePopulation">http://dbpedia.org/property/datePopulation</a>	Data de recompte de habitants
<a href="http://xmlns.com/foaf/0.1/page">http://xmlns.com/foaf/0.1/page</a>	Enllaç a la pàgina de wikipedia
<a href="http://dbpedia.org/property/locationMap">http://dbpedia.org/property/locationMap</a>	Imatge per localitzar el territori.
<a href="http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#lat">http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#lat</a> <a href="http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#long">http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#long</a>	Coordenades geogràfiques
<a href="http://dbpedia.org/property/area">http://dbpedia.org/property/area</a>	Superfície del territori
<a href="http://xmlns.com/foaf/0.1/img">http://xmlns.com/foaf/0.1/img</a>	Imatge del territorial

Taula 5: Propietats de wikipedia.org seleccionades

seu equip aquest full de càlcul i el retorna al sistema d'informació. Els sistema d'informació compara les dades originals en la base de dades amb les del full de càlcul, i actualitza el sistema, modificant, afegint i esborrant valors. D'una forma similar pot realitzar altes masives de dades.

Per seleccionar les dades es poden usar diferents filtres, per exemple, dades d'una font de dades determinada, d'una comarca i/o d'una àrea conceptual. La selecció de dades és persistent entre sessions, es a dir, un cop realitzada una selecció de dades, aquesta es manté al llarg de la sessió i en sessions de dies posteriors.

A partir de les seleccions de dades es generen de forma automàtica series temporals i passatges.

En el prototipus experimental s'ha introduït l'enllaç a fonts de la web semàntica, concretament a la base de dades semàntica de Wikipedia, <http://dbpedia.org>. En les consultes territorials, el sistema comprova si existeixen dades a dbpedia.org per aquell territori i, en funció del tipus de dada, les configura per la seva visualització. De la informació disponible de wikipedia s'han seleccionat les propietats de la taula 5. Una llista bastant completa de propietats es pot trobar consultant la pàgina <http://dbpedia.org/page/Barcelona>

A partir de les dades de latitud i longitud de cada municipi obtingudes de la web semàntica, es pot consultar automàticament la informació cartogràfica de l'Institut Cartogràfic de Catalunya. Per altre banda, a partir dels codis de municipi s'accedeix al visor d'informació cartogràfica de l'ajuntament corresponent.

## 4.2 Aplicació pràctica

L'aplicació pràctica del prototipus permet realitzar diversos tipus de consultes, d'informes, i de selecció i descàrrega de dades. Es pot realitzar una selecció de dades de qualsevol combinació de model conceptual, municipis, fonts de dades i camps. Per facilitar aquesta selecció, es disposa de filtres per municipis, àrea conceptual i fonts de dades. Aquesta selecció és persistent per consultes, descàrrega de dades i actualització de valors.

De la selecció activa es poden:

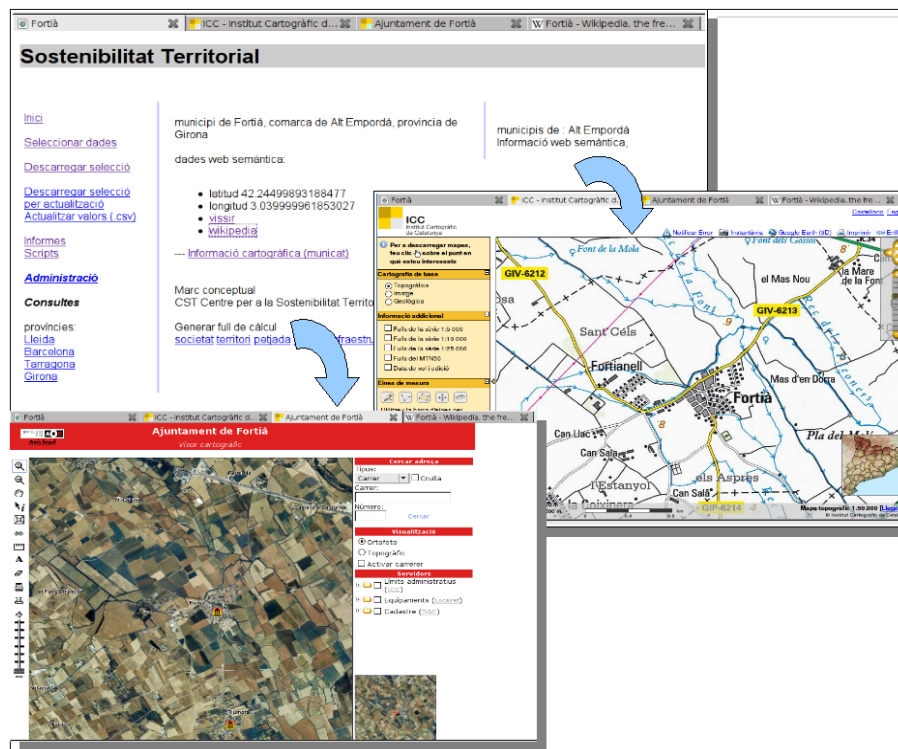


Figura 8: Consulta de dades del municipi de Fortià

- Generar informes i gràfics. Actualment estan disponibles, gràfics de sèries temporals i pastissos, agrupats per municipis o per camps.
- Descarregar les resultats en fulls de càlcul pel seu tractament local.
- Mitjançant un full de càlcul s'actualitzen els valors; afegit, modificant o esborrant dades dels diferents anys.

La consulta més bàsica són les dades d'un municipi. Per això s'escull la comarca, es visualitzen tots els municipis de la comarca i s'escull un municipi. Les dades es visualitzen, ordenades mitjançant una pestanya per cada àrea conceptual del model conceptual actiu. Es té l'opció de descarregar les dades en format de full de càlcul.

A la figura 8 es mostra la consulta de dades del municipi de Fortià. A partir de les dades semàntiques de latitud i de longitud obtingudes de dbpedia.org s'ha generat automàticament un enllaç al visualitzador cartogràfic de l'Institut Cartogràfic de Catalunya (pantalla dreta) i, mitjançant el codi de municipi l'enllaç a la informació cartogràfica municipal de Fortià (pantalla inferior).

A la figura 9, veiem la selecció de dades (marc, font, municipis i camps) i, a la la generació automàtica de sèries temporals i pastissos a partir d'aquesta selecció. Els municipis seleccionats

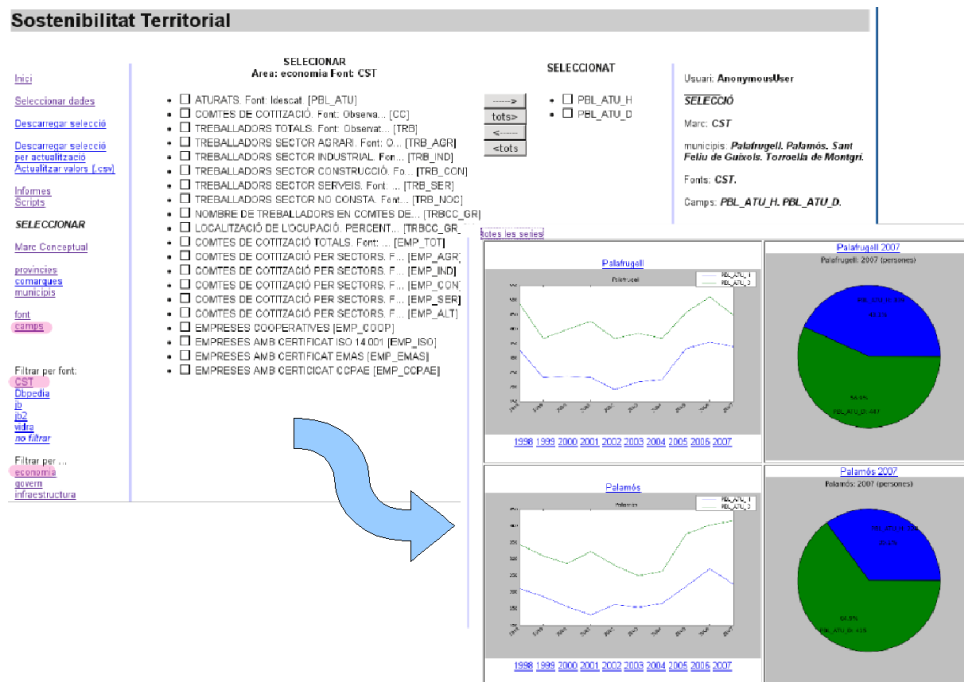


Figura 9: Selecció de Marcs, Municipis, Fonts i Mesures

són Palafrugell, Palamós, Sant Feliu de Guíxols i Torroella de Montgrí i les mesures d'atur d'homes i de dones.

### 4.3 Característiques tècniques i constreyniments imposats

Tot seguit es descriu la part central de la base de dades, les característiques tècniques del desenvolupament i posada en marxa, i els constreyniments imposats pel model de dades

- Característiques tècniques de la base de dades.

La base de dades central esta formada per tres mòduls: Territori, Dades i Models de la figura 10.

Al mòdul Territori s'han definit dos agrupacions corresponents a Comarques (entitat20) i Províncies (entitat40), per damunt dels municipis (entitat00).

Les Dades estan formades per quatre taules: Valor, Camp, Font i LinkData. Aquesta darrera taula estableix el lligam per les dades provinents de fonts de la web semàntica. Cada valor d'una mesura (taula camp) està referenciat a un municipi (entitat00).

Finalment, els Models Conceptuals es defineixen mitjançant les taules Marc, Àrea-Marc i Camp-Àrea. Aquesta darrera taula relaciona les mesures (camps) amb les àrees dels models conceptuals i els seus referents (en aquests cas el valor llindar).

- El model de dades imposa els següents constreyniments al sistema:
  - Les Àrees Conceptuals agrupen les mesures. No es poden definir subclassificacions dins de les Àrees.
  - Un indicador o variable sols es pot repetir en àrees conceptuals diferents. En el cas que es necessites repetir en una mateixa àrea, es pot resoldre de diferents formes, per exemple, repetint la mesura amb un altre nom o bé creant una mesura que sigui un càlcul d'Identitat de la mesura original ( $A=B$ ) i assignant a cada mesura criteris de sostenibilitat diferents.
  - Els valors s'han de referenciar al Municipi (entitat00).
  - Espaiat i suport de les mesures anuals.

El prototipus experimental s'ha instal·lat en un servidor virtual Xen, amb sistema operatiu GNU/Linux Gentoo, Dual core AMD opteron, 256Mb ram i 10Gb disc. Tot el programari utilitzat és software lliure, i es preveu oferir el software desenvolupat amb llicència GPL versió 3 en un servidor public de desenvolupament. Per obtenir més informació sobre la disponibilitat del software, es pot contactar amb l'autor per correu: [jordi.bofill@upc.edu](mailto:jordi.bofill@upc.edu).

Les característiques tècniques del desenvolupament són:

- Framework web: django <http://www.djangoproject.com/>.
- Base de dades relacional en SQL: Sqlite, Postgres o Mysql. Prototipus experimenta basat en Sqlite <http://www.sqlite.org/>.
- Llenguatge programació orientat a objectes: python <http://www.python.org/>.
- Libreria gràfica: matplotlib <http://matplotlib.sourceforge.net/>.
- Espai de disc ocupat per l'aplicació, inclòs la base de dades del prototipus: 16Mb.

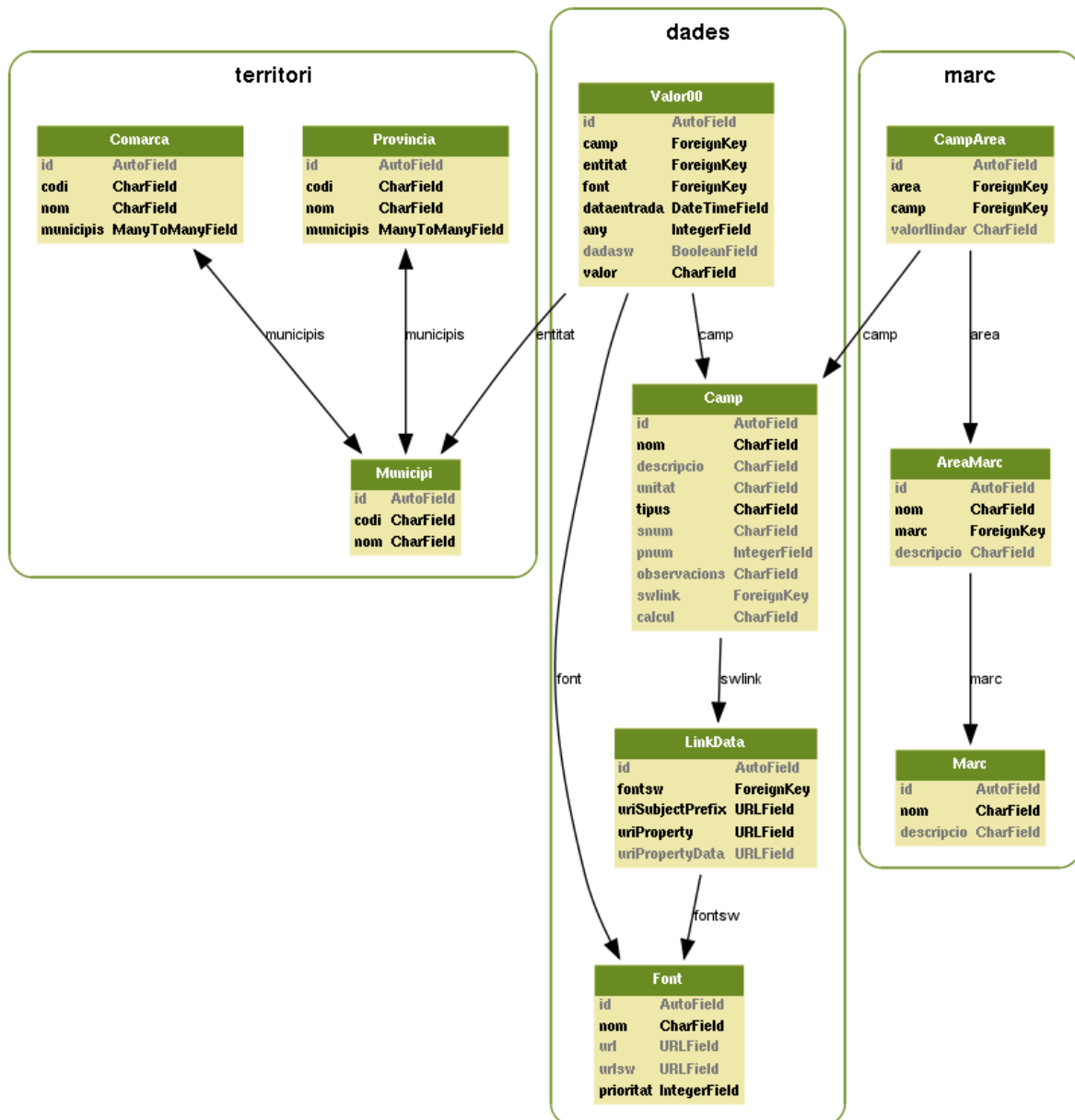


Figura 10: Mòduls Territori, Dades i Marcs de la base de dades central

## 5 CONCLUSIONS

En aquest treball hem conceptualitzat un sistema d'informació dirigit als investigadors responsables de la realització d'estudis de sostenibilitat d'un territori. La complexitat del sistema a estudiar i la transversalitat necessària dels equips de treball fa imprescindible la introducció d'eines de treball flexibles i adaptables a diferents entorns. Aquest Sistema d'Informació aporta flexibilitat, ja que els constreyniments que imposa són mínims. En particular permet incorporar nous models conceptuals, indicadors o criteris de sostenibilitat, i s'adapta a estructures organitzatives territorials molt diverses.

El prototipus experimental s'ha realitzat íntegrament utilitzant software lliure i s'ha instal·lat en un econòmic servidor virtual. Es tracta d'un sistema en el que no calen realitzar grans inversions, en tot cas, hores de treball a l'inici per adaptar les necessitats de l'equip investigador en quan a definició de models conceptuals, indicadors i estructura territorial.

Cal destacar que el sistema és compartit i accessible des d'un navegador web. Es poden introduir models conceptuals nous, o usar més d'un model conceptual. D'aquesta forma els indicadors, índex i altres variables es comparteixen simultàniament des de models conceptuals diferents. Així mateix, les fonts de dades es poden prioritzar, el que permet usar valors repetits de les dades, escollint les fonts de més confiança o per realitzar simulacions i d'estudi de casos.

En la següent fase de la recerca s'incorporarà, per una banda, un model d'eines informàtiques d'anàlisi, de forma que es puguin incorporar altres software (lliures) per l'anàlisi i la presentació de resultats (estadístiques, gràfiques, modelització, datamining, etc.). Per altre banda, es vol introduir un sistema de gestió de fluxos de treball, amb l'objectiu de facilitar la gestió dels processos d'obtenció de dades i de càlcul de resultats.

Amb la integració de models conceptuals, mesures de sostenibilitat, eines informàtiques de càlcul i sistemes de gestió de processos es podran realitzar estudis de sostenibilitat territorial realment sorprenents, en temps curts i molt menys esforços dels necessaris actualment.

## REFERÈNCIES

- [1] Commission on Sustainable Development. Indicators of sustainable development: Guidelines and methodologies, desembre 2007.
- [2] International Institute for Sustainable Development. Compendium of sustainable development indicator initiatives. electronic, 2002.
- [3] Hartmut Bossel. *Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications*. International Institute for Sustainable Development, Winnipeg, Manitoba, Canada, 1999.
- [4] Jaume Cendra i Andri Stahel. Hacia una construcción social del desarrollo sostenible basada en la definición de sus dimensiones y principios, articulados a partir de la ecuación ipat. aproximación a sus implicaciones y debates. *Revista internacional de sostenibilidad, tecnología y humanismo*, (1), 2006.

- [5] Rodger Grayson i Günter Blöschl. *Spatial Patterns in Catchment Hydrology: Observations and Modelling*. Cambridge University Press, 2000.
- [6] Pietro Caratti i Ludovico Ferraguto. Sustainable development data availability on the internet. Working Papers 2006.125, Fondazione Eni Enrico Mattei, octubre 2006.
- [7] László Pintér, Peter Hardi i Peter Bartelmus. Indicators of sustainable development: Proposals for a way forward, 2005.
- [8] Rolando García. *Sistemas Complejos. Conceptos, métodos y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Gedisa, Barcelona, 2006.
- [9] Gilberto Gallopín. Los indicadores de desarrollo sostenible aspectos conceptuales. Dins *Seminario de Expertos sobre Indicadores de Sostenibilidad en la Formulación y Seguimiento de Políticas*. FODEPAL, octubre 2006.
- [10] J J. Felipe (Ed.) et al. Informe de sostenibilitat a Catalunya 2006. Report tècnic, Generalitat de Catalunya (DMAH), 2008.
- [11] Sander Janssen, Erling Andersen, Ioannis N. Athanasiadis i Martin K. van Ittersum. A database for integrated assessment of european agricultural systems. *Environmental Science & Policy*, In Press, Corrected Proof:–, 2009.